

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma / Korjausrakentaminen

Juha Jääskeläinen

SILTOJEN VEDENERISTYSMENETELMÄT

Opinnäytetyö 2013

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

JÄÄSKELÄINEN, JUHA

Siltojen vedeneristysmenetelmät

Opinnäytetyö

41 sivua + 1 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Juha Karvonen

Toimeksiantaja

Lemminkäinen Infra Oy

Maaliskuu 2013

Avainsanat

Silta, vedeneristys, rakennustekniikka

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tarkastella Lemminkäisen käyttämiä vedeneristysmenetelmiä. Työssä sivutaan myös sillankorjausten nykytilaa ja nopeutettuja korjausmenetelmiä. Esimerkkikohteita ei työssä käytetty ja työ rajattiin lähinnä betonikantisten siltojen vedeneristykseen.

Lemminkäinen Infra Oy:llä on pitkä kokemus siltojen vedeneristystöistä ja niiden laadun varmistuksesta. Lemminkäinen Infra Oy:n siltojen vedeneristysmenetelmiin kuuluu Novocoat-elastomeeri ja Lemmastix-eristemastiksi. Opinnäytetyössä perehdytään näiden vedeneristeiden työtapoihin, ominaisuuksiin, ohjeistuksiin ja laadunvarmistusmittauksiin. Lemminkäinen toteuttaa myös sillankansien epoksitiivistyksiä. Epoksitiivistykset ovat nykypäivänä yleisesti käytössä vedeneristeiden alla.

Vedeneristystöihin kuuluu työmenetelmien lisäksi tarkka laadun valvonta. Laadunvalvontaa suoritetaan laadunvarmistusmittauksin. Mittauksia tehdään vedeneristeen lisäksi myös eristysalustasta. Eristysalustan tulee olla kuiva, puhdas ja tasainen, jotta eristys olisi toimiva. Opinnäytetyössä käydään läpi, miten ja millaisilla laitteilla mittaukset suoritetaan.

Opinnäytetyössä käytettiin lähdemateriaalina kirjallisuutta ja Lemminkäisen sisäisiä julkaisuja sekä erilaisia verkkojulkaisuja. Pääsääntöisesti lähdekirjallisuutena toimivat alalla käytössä olevat InfraRyl 2006 Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat sekä Liikenneviraston ylläpitämät Siltojen korjausohjekortit (SILKO). Lemminkäisellä työskenteleviltä ammattilaisilta saatiin haastatteluissa hyviä näkemyksiä vedeneristyksen laadunvalvontaan ja vedeneristystyöhön liittyen.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction engineering

JÄÄSKELÄINEN, JUHA

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

March 2013

Keywords

Waterproofing Methods of Bridges

41 pages + 1 pages of appendices

Juha Karvonen, Senior lecturer

Lemminkäinen Infra Oy

Bridge, waterproofing, construction engineering

The purpose of this thesis was to examine waterproofing methods used by Lemminkäinen Corporation when building bridges. This thesis also presents the state in which bridge renovations are now a-days and their fast reparation methods. Specific examples were not used and the focus of this thesis was limited to waterproofing technics used on bridge decks made out of concrete.

Lemminkäinen Corporation has a long experience on waterproofing of bridges and reassurance of their quality. Their water isolation methods include Novocoat elastomer and Lemmastix-eristemastis. The focus of this thesis is to discuss these water isolation methods and their features, instructions and quality assurance measurements. Lemminkäinen Corporation also implements epoxy compressions on bridge decks. Epoxy compressions are now days often used under waterproofing.

Waterproofing work methods also include careful quality observation. Observation of quality takes place by using standard reassurance methods. Measurements are taken from waterproofing and basis. The basis should be dry, clean and even for the isolation to work. The thesis describes how the measurements should be done and which tools should be used.

The sources used in this thesis include web source material and Lemminkäinen Corporation's own material. The main source used was InfraRyl 2006 part 3: Bridges and construction engineering tools and bridge building construction manual (SILKO) by Finnish transport agency. Employees of Lemminkäinen gave good prospects related to water isolation and its quality conformance inspection.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	6
1.2	Lemminkäinen Infra Oy	7
2	SILLANKORJAUS YLEISESTI	7
2.1	Nykytilanne	7
2.2	Keskeiset linjaukset	8
2.3	Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät	9
3	SILTOJEN VEDENERISTYS	10
3.1	Vedeneristyksestä lyhyesti	10
3.2	Vedeneristyksen korjaustarve	12
3.3	Eristysalustalle asetettavat vaatimukset	12
3.3.1	Betonikantiset sillat	12
3.3.2	Puu- ja teräskantiset sillat	15
3.4	Vedeneristyksen suojaus	15
3.5	Epoksitiivistys	15
4	ERISTYSALUSTAN JA EPOKSITIIVISTYKSEN LAADUN MITTAUS	16
4.1	Makrokarkeuden mittaus	16
4.2	Tartuntalujuus mittaus	18
4.3	Absoluuttisen kosteuden mittaus	21
4.4	Tiivistysepoxin vesitiiveyden mittaus	24
4.4.1	Matalajännitemenetelmä	24
4.4.2	Korkeajännitemenetelmä	26
5	NOVOCOAT-ELASTOMEERI	27
5.1	Työmenetelmä	27
5.1.1	Alustavat työt	27
5.1.2	Eristettävän alueen primerointi ja epoksisulku	27
5.1.3	Eristettävän alueen Novocoat-elastomeeri ruiskutus	28

5.1.4	Suojaus	29
5.2	Ominaisuudet	29
5.2.1	Epoksiprimer	29
5.2.2	Polyuretaaniprimer	29
5.2.3	Novocoat-Elastomeeri	29
5.2.4	UV-Suojamaali Conipur	30
5.3	Määräykset, ohjeistukset ja laadunvarmistus kokeet	30
5.3.1	Yleistä	30
5.3.2	Eristysalustan tasaisuus	30
5.3.3	Kosteusmittaukset	31
5.3.4	Alustavat mittaukset	31
5.3.5	Suojakerros vaatimukset	32
6	LEMMASTIX-ERISTEMASTIKSI	32
6.1	Työmenetelmä	32
6.1.1	Alustavat työt	32
6.1.2	Kuljetus, sekoitus ja olosuhteet	33
6.1.3	Työsaumat ja työn vaiheistus	34
6.2	Ominaisuudet	35
6.2.1	Lemmastix-eristmastiksi	35
6.2.2	Paineentasaussverkko	35
6.2.3	Kumibitumiliuos	35
6.2.4	Kiinnitysbitumi	35
6.3	Määräykset, ohjeistukset ja laadunvarmistuskokeet	36
6.3.1	Yleistä	36
6.3.2	Kosteusmittaukset	36
6.3.3	Alustavat mittaukset	37
6.3.4	Työmaalla toteutettavat laadunvarmistusmittaukset	37
6.3.5	Laboratoriossa toteutettavat laadunvarmistusmittaukset	37
7	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	41
Liite 1. Betonikantisen sillan eristysalustan tasaisuuden ohjearvoja ja korjausmenetelmiä.		

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Suomen rankat sääolot vaikeuttavat siltojen rakentamista ja korjausta sekä asettavat korkeat laatuvaatimukset siltojen vedeneristeille. Vedeneristeitä rasittavat jatkuvasti kasvavat liikennemäärät, ilmastonmuutos ja teiden suolaus. Siltojen vedeneristystyölle ja laadulle on esitetty paljon vaatimuksia. Vaatimuksissa on runsaasti viittauksia toisiinsa, mikä vaikeuttavaa niiden tulkitsemista. Tämän vuoksi opinnäytetyössä pyritään kokoamaan siltojen vedeneristykseen tarvittavat tiedot yhdeksi kattavaksi paketiksi. Työssä otetaan huomioon materiaalivalmistajan asettamat työohjeet sekä muiden tahojen, esimerkiksi Liikenneviraston asettamat työohjeet.

Työ toteutetaan tutustumalla aluksi materiaalien ominaisuuksiin, alalla työskentelevien kokemuksiin, mittausmenetelmiin, SILKO- ja Infra RYL määräyksiin sekä laadunvarmistukseen. Työssä kerrotaan, mitä vedeneristeet pitävät sisällään ja miten niitä asennetaan ja käytetään. Työssä kerrotaan olosuhdevaatimuksista ja tarpeellisista mitauksista. Opinnäytetyöhön sisältyi Lemminkäisen laboratorion henkilökunnan ja vedeneristystyöntekijöiden haastatteluita.

Varsinaista esimerkkikohdetta ei työssä esitellä, mutta tarkasteluissa otetaan huomioon kokemukset aiemmin tutkituista ja toteutetuista kohteista. Työ keskittyy pääsääntöisesti betonikantisten siltojen vedeneristeiden tarkasteluun. Kyseisillä vedeneristeillä on muitakin käyttökohteita.

Aluksi työssä tarkastellaan millaiset vauriot ovat yleisimpiä suomalaisissa betonisilloissa. Seuraavaksi käsitellään miten niiden korjaus etenee ja missä vaiheessa vedeneristystyöt tulisi aloittaa. Samalla tutustutaan SILKO-määräyksiin ja niiden merkityksiin.

1.2 Lemminkäinen Infra Oy

Lemminkäinen Oyj on vuonna 1910 perustettu yritys. Sen alkuvaiheilla yhtiön toiminta rajattiin rakennusten vedeneristystöihin sekä bitumisten piha- ja katutöiden tekoon. Nykyään Lemminkäinen on asfalttialan markkinajohtaja Suomessa ja alan toiseksi suurin yritys Pohjoismaissa. Lemminkäinen-konsernin toimialat ovat nykyään talonrakentaminen, infrarakentaminen ja talotekniikka.

2 SILLANKORJAUS YLEISESTI

2.1 Nykytilanne

Pelkästään Liikennevirastolla (entinen Tiehallinto) on vuoden 2009 tietojen mukaan noin 14 600 tiesiltaa ja 2400 ratasiltaa Suomessa. Lisää siltoja rakennetaan jatkuvasti liikenneverkon kehittyessä. Tämän lisäksi maastamme löytyy yksityisteiden siltoja ja Metsähallituksen hallinnoimia siltoja. Liikennevirasto julkaisi vuonna 2009 sisäisen raportin, josta käy ilmi, että sillan rakentaminen on ollut voimakasta 1960-luvulta aina 1990-luvun loppupuolelle saakka. Käytännön kokemusten perusteella on Liikennevirastossa arvioitu, että sillat tulevat peruskorjausikään 30–40 vuoden iässä. 1960-luvulla rakennetut sillat ovat siis jo peruskorjausiänsaavuttaneita. (Siltojen ylläpito toimintalinjat 2009, 14; Lavenko 2010.)

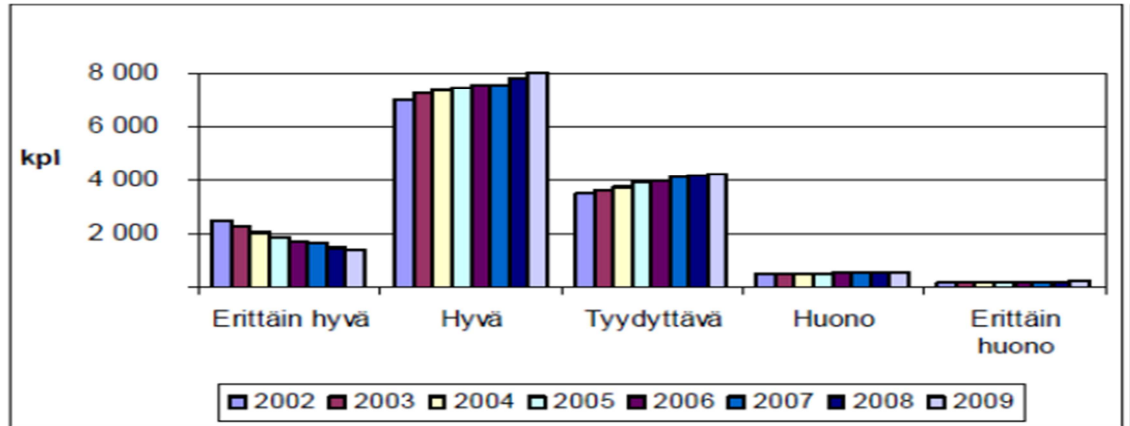
Keskimäärin vuodessa käytetään siltojen korjaamiseen n. 50 miljoonaa euroa, mutta tämä ei riitä. Rahaa riittää vuodessa n. 150 sillan perusteellisempaan ja 400 sillan kevyempään korjaukseen. Tästä johtuen Suomessa korjausvelkaa on kertynyt Liikenneviraston siltojen osalta 150 miljoonaa euroa. (Siltojen ylläpito toimintalinjat 2009, 14; Lavenko 2010.)

Siltojen kunnon seuranta tapahtuu keskimäärin viiden vuoden välein. Seurannassa sillat asetetaan viiteen eri luokkaan (Kuva 1.):

- Erittäin hyvä – ei ylläpitotarpeita
- Hyvä – vähäistä kunnostusta
- Tyydyttävä – peruskorjaus tulossa
- Huono – peruskorjaus nyt

- Erittäin huono – peruskorjaus myöhässä

(Siltojen ylläpito toimintalinjat, Tiehallinto, 2009, 17)



Kuva 1. Tiehallinnon siltojen kunnan kehitys kuntoluokittain 2002–2009
(Siltojen ylläpito toimintalinjat, Tiehallinto, 2009, 17)

Liikennettä vaarantavien siltojen korjaus on tärkeysjärjestyksessä ensisijaista. Näiden jälkeen korjattavaksi tulevat eristysvuodot kansirakenteissa, betonirakenteiden pakas-suolavauriot, eroosiovauriot, teräsrakenteiden maalivauriot ja liikuntasaumalaitteiden vuotovauriot. (Siltojen ylläpito toimintalinjat, Tiehallinto, 2009, 14.)

2.2 Keskeiset linjaukset

Uusia siltoja suunnitellessa niille asetetaan odotettu käyttöikä. Betoni- ja terässilloille keskeinen käyttöikä on teoriassa 100 vuotta ja puu- ja teräspalkkisilloille 50 vuotta. Suunnittelukäyttöiän saavuttamiseksi on tärkeää, että siltojen rakenteet täyttävät niille asetetut laatuvaatimukset. On myös tärkeää, että sillat ovat hyvin hoidettuja ja ylläpidettyjä, ylläpito sisältää kunnossapidon ja korjaukset. (Siltojen ylläpito toimintalinjat, Tiehallinto, 2009, 19.)

Pintarakenteiden käyttöiät määräytyvät kokemusten ja tuotteiden valmistajien antamien suositusten perusteella. Esimerkiksi vedeneristykselle asetettu tavoiteikä on Liikenneviraston toimintalinjauksissa 35 vuotta. (Siltojen ylläpito toimintalinjat, Tiehallinto, 2009, 19.)

2.3 Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät

Liikennevirasto (entinen Tiehallinto) aloitti vuonna 2008 tutkimusprojektin siltojen pintarakenteiden korjaamisesta. Projektin tavoitteena oli selvittää, kuinka yleensä eniten liikennettä haittaavan siltojen pintarakenteiden korjaustyövaiheen pystyisi lyhentämään normaalista muutamasta kuukaudesta 1-2 viikkoon. Projektiin osallistui useita rakennusyritysten edustajia. Kerättyjen tietojen perusteella havaittiin, että kaikissa sillankorjauskohteissa suurin osa eli 60–80 % liikennehaitoista aiheutuu pintarakenteiden korjauksesta. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 2011,3,6.)

Korjattavissa sillan kansissa on yleensä rapautumista ja kloridien tunkeutumista sen verran, että turmeltunut betoni on poistettava. Vesipiikkaus on oikea tapa rapautumien ja kloridisen betonin poistoon. Vesipiikkaus ei riko betoniteräksiä ja pienentää betonin säröytymisen riskiä. Työ tehdään yleensä tasopiikkauskoneella. Pienillä silloilla voi käyttää käsivesipiikkausta, mutta turvallisuussyistä tasopiikkausrobotti on paras. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät, 2011,3,6.)

Kannen vesipiikkaus, puhdistus, muotoiluvalu ja vedeneristys ovat nopeasti tehtävistä korjaustöistä kaikkein haastavimpia. Kannen osittainen korjaaminen nopeutetulla aikataululla kustannusten säästämiseksi ei ole kannattavaa. Työ on hidasta, kun ei tiedetä miten rajata korjattavat ja ei-korjattavat alueet toisistaan. Osittain korjattujen kansi- en vuotoriski on suurempi kuin täysin korjatuissa sillankansissa. Liikenneviraston selvityksestä selviää, että muotoiluvalun tekeminen koko kannelle on parasta työn laadun ja etenemisen kannalta. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 2011,3,6.)

Muotoiluvalutyö voidaan tehdä kohtuullisessa ajassa, kun käytetään nopeasti kovettuvaa ja kuivuvaa erikoisbetonia. Liikenneviraston ja erikoisbetonin valmistajien mukaan 1-3 vuorokauden kuluttua erikoisbetoni olisi riittävän kuiva eristämistä varten. Tämä poikkeaa suuresti normaalista kuivumisajasta, joka on keskimäärin vähintään 3 viikkoa. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät, Liikennevirasto, 2011,3.)

Kannen eristys- ja päällystyöt on mahdollista tehdä 2–3 vuorokaudessa. Laadunvalvontatyöt ovat tarpeellisia, mutta ne hidastavat merkittävästi töitä varsinkin, mikäli

eristekerros vaatii paljon aikaa kuivumiseen ja kovettumiseen. Nopeutetuissa korjausmenetelmissä käytetään kannen tiivistämiseen nopeasti kovettuvaa epoksia, joka kovettuu muutamassa tunnissa kerrosta kohden. Epoksin päälle tulee varsinainen vedeneriste. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät, Liikennevirasto, 2011,3.)

Kokonaisuudessaan Liikenneviraston tutkimusprojektit osoittivat, että sillan pintarakenteet voidaan korjata nopeammin, mikäli suurempia suunnittelun puutteita tai virheitä ei esiinny. Nopeutetuissa korjausmenetelmissä on paljon mahdollisuuksia, mutta on myös mahdollista, että ne lisäävät urakoitsijan riskiä. Materiaalien ja menetelmien tulee olla ennalta testattuja ja sovittuja. Laadunvalvonta tulee sopeuttaa nopeutettuun aikatauluun. Uudet ainetta rikkomattomat menetelmät soveltuvat parhaiten tähän. Liikenneviraston mukaan akustiset- ja iskuaaltomenetelmät, sekä jännitteellä tehtävät tiivistysmittaukset eivät riko muotoiluvalua tai vedeneristettä.

3 SILTOJEN VEDENERISTYS

3.1 Vedeneristyksestä lyhyesti

Vedeneristyksen tehtävä silloissa on sama kuin missä tahansa muussa rakennuskohteessa. Sen tarkoituksena on suojata rakennetta. Vedeneristyksen on oltava nimensä mukaisesti vesitiivis. Tiiveydellä tarkoitetaan sitä, että vedeneristeen saumat ja itse eriste kestävät vuotamatta sille kohdistuvat ilmasto-olosuhteet, vedenpaineen ja rasitukset sekä lämpötilasta ja kutistumasta aiheutuvat rakenteiden muodonmuutokset.

Uusiensiltojen eristystyöt on tehtävä aina sääsuojan sisällä. 2012 Liikennevirasto teki periaatepäätöksen, että myös korjauskohteissa sääsuojan käyttö on pakollista. (InfraRYL Osa 3 2006, 196)



Kuva 2. Kansilaatan alapinnassa kalkkihärmää (Siltojen korjaus SILKO 1.801,6 © Liikennevirasto 2011)

Vedeneristysten korjaustarve on aina selvitettävä ennen sillan peruskorjausta ja päällystämistä. Vaurio yleensä ilmenee seurannaisvaikutusten kautta raudoituksen korroosiona ja jäätymisvaurioina, kansilaatan alapinnassa kalkkihärmänä ja kalkkipuikkoina, vesivuotoina työsaumojen kohdissa ja paineentasausputkien tai kuivatuslaitteiden ulkopuolella. (SILKO 2.811, 2006, 1.)

Tilaajan ja urakoitsijan tulee yhteistyössä käydä läpi vedeneristystyöhön liittyvät vaatimukset. Urakoitsijan tulee tehdä tilaajalle selväksi, mitä kyseinen vedeneristystyö vaatii ja minkälaiset olosuhteet tulee olla työn onnistumisen kannalta. Väärin tai väärälle alustalle tehtynä vedeneriste saattaa kuplia ja irrota alustastaan kokonaan. Siihen voi syntyä reikiä, jotka aiheuttavat veden pääsyn kansirakenteisiin.

3.2 Vedeneristyksen korjaustarve

Vedeneristeet eivät ole ikuisia. Vedeneristyksen vaurioiden syitä on useita. Kasvavat liikennemäärät ja ilmastonmuutos rasittavat eristettä. Paikallisia vaurioita voi syntyä kosteuden höyrystyessä vedeneristeen alle synnyttäen kuplan eristykseen. Vedeneristyksen mekaaninen rikkoutuminen porauksen, piikkauksen tai sahauksen johdosta. Päällysteeseen syntynyt purkautuma tai halkeama, suojabetonissa oleva rapautuma tai valuvika voi laajentuessaan rikkoa alla olevan vedeneristeen. Veden pakkautuminen vedeneristeen päälle sillan puutteellisten kuivatusjärjestelmien johdosta, jolloin vesi jäätyessään tai paineiskuja aiheuttaessaan rikkoo vesieristeen. (SILKO 2.831, 2000, 1,2.)

3.3 Eristysalustalle asetettavat vaatimukset

Eristysalusta on yhtä tärkeässä asemassa vedeneristeen toimivuuden kannalta, kuin itse vedeneriste. Pääurakoitsija on vastuussa siitä, että eristettävä pinta täyttää sillanrakentamisen Infra RYL osa 3:ssa esitetyt laatuvaatimukset.

3.3.1 Betonikantiset sillat

Liitteessä 1 esitetään alustan tasaisuuden vaatimukset SYL 6:n mukaan. Eristettävän alustan tasaisuuden mittauksessa käytetään oikolautaa, jonka pituudeksi EN 130367-7 standardissa on määritelty 1,5 m. Yksittäiset kolot täytetään Liikenneviraston hyväksymillä paikkausmassoilla. Paikkausmassoja on esimerkiksi kuumuutta kestävä tiivistepoksi. Epoksipohjaiset massat toimivat hyvin, koska ne kovettuvat ja kuivuvat nopeasti. Mikäli eristysalueella esiintyy paljon koloja ja teräviä harjanteita, taitteita tai kohoumia, tulee alue jyrsiä. Lopputasointus voidaan tehdä kuumuutta kestävän epoksin ja kuivan hiekan seoksella tai polymeerisideaineisilla juotosmassoilla, jotka Liikennevirasto on hyväksynyt. (InfraRYL Osa3 2006, 198, 199).

Eristettävän alueen pinnan tulee olla kuiva ja puhdas ennen eristämistä. Eristettävästä pinnasta tulee poistaa sementtiliima, jälkihoitoaine, liuottimet, öljyt, rasvat, ja muut epäpuhtaudet, jotta hyvä tartunta saavutettaisiin. Puhdistusmenetelminä voi käyttää sinko- tai hiekkapuhallusta. Pinta tulee imuroida huolellisesti sinko- tai hiekkapuhalluksen jälkeen. Suihkupuhdistetun betoninpinnasta tulee olla sementtiliima pudistettua siten, että paljaiden kiviainespintojen osuus eristettävästä pinnasta on vähintään 25 % (InfraRYL Osa3 2006, 198, 199).

Eristysalustassa esiintyvän betonin pinnan karkeudella tarkoitetaan pinnan pienimuotoista epätasaisuutta. Liian karkea pinta voi aiheuttaa vedeneristyksen kuplimista ja liian sileä pinta voi heikentää eristeen tarttuvuutta alustaan. Lasihelmien avulla pystytään mittaamaan betonipinnan karheus. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, Tiehallinto, 2009, 11–16.).

Eristysalustassa esiintyvä kosteus heikentää huomattavasti vedeneristysmateriaalin tarttuvuutta eristysalustaan. Tästä voi seurata se, että eristys irtoaa myöhemmin alustasta kokonaan. Eristyksen irtoaminen eristysalustasta lisää vuotoriskejä, jotka mahdollistavat suolaveden läpi pääsemisen laajalle alueelle sillankantta.

Uudiskohteessa pinnankosteus tulee ottaa huomioon erityisesti työn aikataulutuksessa. Nykyiset siltabetonit ovat varsin lujia ja tiiviitä ja ne kuivuvat varsin hitaasti. Kuivuminen on hidasta, kun betonin kerrospaksuudet ovat suuret. Infra RYL 3 julkaisun (s.199) mukaan, pinta-alan ollessa alle 100 m² ja rakennepaksuuden alle 400 mm, ei tarvitse sillankannesta suorittaa kosteusmittauksia. Betonin jälkihoidon päättymisestä on oltava kulunut kuitenkin vähintään 3 viikkoa. Tämä ei kuitenkaan yleensä riitä saavuttamaan betonin tavoitekosteutta, jonka Infra RYL 3 taulukko 42310:T1 osoittaa. (Forstén 2013).

Taulukko 1. Päivitetty versio. Eristysalustan suurin sallittu kosteus ennen eristystöiden aloitusta. (Infra RYL Osa3 2006, Taulukko 42310:T1, 199)

Materiaali	Eristysalustan suurin sallittu kosteus	
	Absoluuttinen kosteus (VTT-2650) m- %	Suhteellinen kosteus (VTT 2649) %
Kauttaaltaan kiinnitetty kermi, nestemäisenä levitettävä eristys tai epoksitiivistys	5,0	93
Paineentasauskermi tai kumibitumimastiksi	6,0	96

Korjauskohteissa ennen eristysalustaan tehtyjä suurempia toimenpiteitä tulee selvittää eristettävän alueen betonin kunto. Vaurioitunut, hauras ja kloridipitoinen betoni tulee purkaa aina terveeseen betoniin saakka. Purkamismenetelmiä ovat muun muassa koneellinen piikkaus, vesipiikkaus ja tasojyrsintä.

Kansilaatan yläpinta joudutaan muotovalamaan, mikäli kannen yläpinta on jäänyt epätasaiseksi tai vedeneristysalustan kaltevuus ei riitä vedenpoiston kannalta ja vesi lamikoituu kannelle. SILKO-ohjeiden mukaan muotoiluvalun minimi paksuuden on oltava vähintään 20 mm, tällöin on otettava huomioon muotoiluvalun kosteus samalla tavalla kuin uudiskohteessa.

3.3.2 Puu- ja teräskantiset sillat

Puukantisille silloille mastiksieristys on tehokas, koska puukantisissa silloissa esiintyy elämistä ja muodonmuutoksia. Liike ja muodonmuutokset kansissa voivat aiheuttaa muissa eristeissä halkeilua ja eristyksen irtoamista. Sillan puukansi sivellään kumibitumiliuoksella, minkä jälkeen mastiksieristys asennetaan paikalle. Mastiksi toimii sillalla tartuntana tulevalle valuasvaltille. Mastiksin toimivuus puukantisilla silloilla perustuu siihen, että mastiksieristys on irrallinen rakennusosa kannen päällä. Täten se niin sanotusti elää omaa elämäänsä, eikä sillan kannen liikkuminen ja muodonmuutokset aiheuta siihen halkeamia tai repeytymiä.

Teräskantisten siltojen pintarakenteet poistetaan koneellisesti ja paljastunut teräspinta suihkupuhdistetaan puhtaaksi epäpuhtauksista ja ruosteesta. Pinta pitää suojata, mikäli vesieristettä ei saada välittömästi levitettyä puhdistuksen jälkeen.

3.4 Vedeneristysten suojaus

Infra RYL 3 ohjeen mukaan valmis vedeneristys on suojattava viimeistään viikon kulluttua valmistuksesta. Vedeneristeen ja suojakerroksen on tartuttava toisiinsa hyvin, jotta ne eivät pääse liukumaan keskenään sillan eristystyön jälkeen. Eristyksen voi väliaikaisesti suojata esim. vanerilla, jos sen yli kuljetaan autolla ennen suojauskerroksen tekemistä. Alin kerros päällysteestä on tehtävä mahdollisimman pian, jotta eristuksen vaurioriski pienenee. Vesi ei saa jäädä seisomaan lätäköiksi suojakerroksen päälle, vaan sen tulee valua vedenpoistolaitteiden suuntaan. Suojaustavoista voidaan poiketa vain tilaajan hyväksynnän perusteella. (Infra RYL Osa3 2006, 209)

3.5 Epoksitiivistys

Epoksitiivistystä käytetään uusissa ja korjattavissa betonikantisissa silloissa. Sen tarkoituksena on tiivistää betonin pinta vesitiiviiksi, ennen varsinaista vedeneristettä. Epoksi tunkeutuu huokosiin ja lujittaa betonia. Hyvin rakennettuna tiivistysepoksilla pystytään ehkäisemään vesihöyryn paineesta aiheutuva vedeneristeen kupliminen.

Epoksi suojaa myös sillan kantta liukkaudenestosuolan suolarasitukselta. (Sto Finexter Oy, 2012).

Vaihtoehtoisia tiivistysmenetelmiä käytettäessä tulee menetelmien ja materiaalien olla Liikenneviraston hyväksymiä. Mastiksia ja elastomeeriä käytettäessä epoksitiivistys toteutetaan aina koko kansilaatan osalta, kun kyseessä ei ole vähäliikenteinen silta (> 1500 ajoneuvoa/ vuorokaudessa) tai silta, jonka rakennepaksuus on alle 400 mm. Epoksitiivistystä tulee käyttää, jos sillan kannelle levitetään liukkaudenestosuolaa. Teräs- ja betonipalkkisilloilla epoksitiivistystä käytetään aina. Ratasilloilla ei epoksitiivistystä tarvitse tehdä. (Infra RYL Osa3 2006, 196–199)

4 ERISTYSSALUSTAN JA EPOKSITIIVISTYKSEN LAADUN MITTAUS

4.1 Makrokarkeuden mittaaminen

Betonikantisen sillan pinnan karkeudella tarkoitetaan sen epätasaisuutta. Makrokarkeusmittauksessa käytettävien lasihelmien avulla pystytään mittaamaan pinnan karheus. Mitattaessa pinta ei saa olla märkä, epätasalaatuinen eikä siinä saa olla halkeamia. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus 2009, 11; PANK-5103 1997.).

Makrokarkeus mittauksessa käytettävät työkalut ovat seuraavat:

- Lasihelmet, ISO 565:n mukaisesti, 0,25 mm verkkoseulasta läpäisee vähintään 90 massa- % ja loput jää 0,18 mm seulalle.
 - Mitta-astia, metallinen lieriöastia, jonka tilavuus reunoja myöten täytettynä on 25 ml.
 - Levitystyökalu, pyöreä (50-75 mm halkaisijaltaan). Alapinta kovaa kumia ja yläpinnassa kahva. Voidaan valmistaa esimerkiksi kovakumisesta jääkiekosta.
 - Harjat, yksikappale jäykkiä teräsharjoja ja yksi kappale pehmeitä jouhiharjoja.
 - Metrimitta, asteikko 1 mm välein.
 - Tuulensuojus, estää tuulen vääristämästä mittaustulosta.
 - Vaaka, tarvittaessa ja kapasiteetti 500g, yhden gramman tarkkuudella.
- (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus 2009, 11; PANK-5103 1997.)

Mitta-astia täytetään kuivilla lasihelmillä ja astian pohjaa koputetaan useita kertoja kovaa alustaa vastaan. Tämän jälkeen lasihelmiä lisätään ja koputellaan astiaa siihen saakka, että lasihelmien tilavuus vastaa astian tilavuutta. Ylimääräiset lasihelmet poistetaan esimerkiksi viivoittimella. Ennen kokeen suoritusta lasihelmet voidaan punnita, jolloin punnituksessa saatua painoa voidaan käyttää jokaisessa mittauksessa. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 11; PANK-5103, 1997.).

Mitta-astiassa olevat lasihelmet kaadetaan puhdistetulle eristysalustalle kasaan, jonka jälkeen ne levitetään levitystyökalulla. Levitystyökalua liikutellaan lasihelmien päällä kasvavan ympyrän muotoisin liikkein. Lasihelmien tulee täyttää kiviaineksen rakeiden väliin jäävät kolot ja niiden yläpinnan tulee vastata korkeustasoltaan eristysalustan rakeiden huippua. Levitystyökalua ei tarvitse painaa lujaa alustaa vasten. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus 2009, 11; PANK-5103, 1997.).



Kuva 3. Makrokarkeuden mittaus lasihelmikokeella. (Siltojen korjaus SILKO 1.801,26 © Liikennevirasto 2011)

Lasihelmien tuottamasta ympyrästä lasketaan sen halkaisija vähintään neljästä eri kohdasta. Niitten perusteella lasketaan halkaisijan keskiarvo. Mittauksia suoritetaan vähin

tään neljästä satunnaisesta kohdasta. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 11; PANK-5103, 1997.).

Tulokset saadaan yksinkertaistetusta kaavasta kun käytetään 25 millilitran astiaa:

$$Makrokarkeus [mm] = \frac{31830}{D^2}$$

D = Peitetyn alueen halkaisijan keskiarvo [mm]

Tehdyistä kokeista ilmoitetaan tutkimusselostus, josta käyvät ilmi seuraavat asiat:

- määrittäminen tehty tämän menetelmän mukaan
- mahdolliset poikkeamat menetelmäkuvauksen mukaisesta koejärjestelystä
- testattavan pinnan sijainti ja tunnistetiedot
- kokeen suorituspäivämäärä
- kussakin kokeessa käytetty lasihelmimäärä
- testimittausten lukumäärä
- kunkin lasihelmillä peitetyn alueen keskimääräinen halkaisija
- kussakin kokeessa mitattu makrokarkeus, [mm]
- koko tutkitun alueen keskimääräinen makrokarkeus, [mm].

(Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 11; PANK-5103, 1997.)

4.2 Tartuntalujuus mittaus

Jos epoksi ja vedeneristys on tarttunut huonosti alustaan, irtoaa se helpommin käyttöolosuhteiden vaikutuksesta alustasta, kuin hyvin tarttunut vesieriste.

Mastiksieristeistä ei oteta tartuntalujuus mittauksia, koska eristeen tarkoitus on pysyä irti eristysalusta paineentasauksen takia.

Tartuntalujuutta mitataan tartuntalujuus kokeella (vetokoe). Vetokoe on yleisimmin käytetty tartuntalujuuskoe. Sitä tehtäessä eristysalustan lämpötilan tulee olla + 5... +25 °C välillä. Lämpötila pitää mitata tartunta vetokokeen aikana eristysalustaan tehdyn reiän kautta. Lämpömittarina käytetään termoelementtilämpömittaria. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus 2009, 14.)

Tartuntaluusmittausten määrä, suoritusajankohta ja tartuntaluusvaatimukset määritellään urakka-asiakirjoissa. Vedeneristeen tartuntaluudelle määritellään keskiarvo. Vedeneriste uusitaan, jos keskiarvo ei ylitä sille asetettua tulosta. (VTT 2651 – 2001.).

Vedeneristeen tartuntaluuteen vaikuttaa merkittävästi eristysalustan kosteus. Kosteimmat kohdat päätellään ja niistä otetaan vetokokeet. Tällaisia alueita voi olla esimerkiksi pintavesien valumakohdat tai reunapalkin vierustat. (VTT 2651 – 2001.).

Tartuntaluus mittauksessa käytettävät työkalut:

- Vetolaite, maksimivetovoima vähintään 2 kN ja riittävä eristysmateriaalin irti vetämiseksi alustasta. Mittatarkkuus ± 2 % ja kuormituksen lisäysnopeus 0,15 MPa/s.
 - Vetolaitteen laikat (vetolaikat). Valitaan eristyskerroksen mukaan. Epoksille halkaisijaltaan pyöreät 28 mm tai 20 mm vetolaikat. Ohutkerrospäällysteelle ja massaeristyksille halkaisijaltaan 50 mm, 28 mm tai neliön muotoiset sivumitaltaan 50 mm ja 40 mm.
 - Liima (valitaan pintojen, lämpötilan ja kovettumisajan perusteella).
 - Liimauspintojen puhdistus- ja karhennusvälineet
 - Reunojen irrotusvälineet. Epoksilla ja Novocoat-elastomeerillä reikäsahanterä (halkaisija sama kuin pyöreän vetolaikan läpimitta), sahausohjain (esim. muottivanerista tehty)
 - Pintalämpömittari (0,3 °C tarkkuudella)
 - Lämmitysvarusteet tarvittaessa (liimasauman lämmitykseen)
 - Näytteenottoreikien paikkausvälineet. Nestemäisenä levitettävälle eristykselle saman tuotteen paikkausmassaa. Tiivistysepoksille käytetään samaa epoksituotetta.
- (VTT 2651 – 2001.)



Kuva 4. Tartuntalujuusmittaus. (Siltojen korjaus SILKO 1.801,26 © Liikennevirasto 2011)

Ennen tartuntalujuusmittausta epoksitiivistysten, nestemäisenä levitettävien eristysten ja ohutkerrospäällysteiden tartuntavetokohtien reunat irrotetaan reikäsaahalla. Tämän jälkeen vetokoneenlaikat liimataan, liimanvalmistajan ohjeiden mukaisesti. Liimauskohta esikäsitellään tarvittaessa. Nestemäisenä levitettävää eristettä mitattaessa sen pinta karhennetaan tarvittaessa, esimerkiksi hiomapaperilla tai tiheäpiikkisellä teräsharjalla. Tämän jälkeen pinta puhdistetaan pölystä ja irtoaineksestä. (VTT 2651 – 2001.).

Vetolaikat liimataan alustaan, jonka jälkeen ylimääräinen liima poistetaan laikan reunoilta. Viileä sää voi vaikuttaa vetolaikkojen liimauksen onnistumista. Tämän vuoksi tarvittaessa voidaan suorittaa esikokeita, joiden perusteella liima valitaan. Vetolaikkoja, liimauskohtia ja liimasauvoja voidaan esilämmittää, esimerkiksi lämpöpuhaltimella. Lämmityksen aikana tulee kuitenkin varoa, ettei ylikuumenna liimaa yli sen kovettumislämpötilan. Jos lämmitystä käytetään, tulee liimauskohdan jäähtyä ympäristön lämpötilaan ennen tartuntavetokoetta. Liiman lämpötilaa voi tarkkailla esimerkiksi termoelementtilämpömittarilla. (VTT 2651 – 2001.).

Vetokokeen aikana lisätään tasaisesti kohtisuoraa vetovoimaa 0,15 MPa/s eristysalustaa vastaan. Vetolaikkaan ei vedon aikana saa kohdistua vääntöä. Tartuntakokeen jälkeen tulokset kirjataan ylös ja vetokokeen reiät paikataan niille soveltuvalla tavalla. (VTT 2651 – 2001.).

Tartuntalujuus mittauksesta tehdään tutkimusselostus. Siinä ilmoitetaan:

- mittauskohteen tunnistetiedot (esim. tiennumero, työmaan nimi, sillan nimi, tiepiiri, kunta)
- tilaaja, tilausnumero, tilauspäivämäärä
- eristysurakoitsija
- eristysrakennetyyppi
- koetulokset (jokaisesta yksittäisestä vetokokeesta)
- tartuntalujuus (N/mm²) ja irtoamispinta
- tutkimusmenetelmä
- tutkimusajankohta
- mahdolliset poikkeamat koemenettelyssä
- vetoreikien paikkaukseen käytetty materiaali
- ilman lämpötila ja aurinkoisuus
- eristysalustan pintalämpötila
- kellonaika
- tutkimuksen vastuhenkilö.

(VTT 2651 – 2001.)

4.3 Absoluuttisen kosteuden mittaus

Absoluuttisella kosteusmittauksella mitataan betonisen sillankannen pintakerroksen absoluuttinen kosteuspitoisuus 50 mm:n syvyydestä painoprosentteina kuivapainostans. kuivatus-punnitusmenetelmällä. Kokeessa mitataan kuinka paljon betonikannesta porattu näyte pitää sisällään vettä. Kosteus määritellään kuivattamalla ja punnitsemalla näyte. (VTT 2650 – 2001.).

Ennen porausta tulee kartoittaa sillan kannen kosteimmat kohdat, joko silmämääräisesti tai pintakosteusmittarilla. Kosteimpia kohtia löytyy esimerkiksi pintavesien valumakohdista. (VTT 2650 – 2001.).

Tämän jälkeen paikallistetaan näytteenottokohdan läheisyydessä olevat teräkset mahdollisuuksien mukaan. Raudoituksen ilmaisimella saadaan selville pinnassa olevien terästen sijainti. Näyte porataan 50 mm:n syvyydeltä ja porauksessa ei saa käyttää vesikastelua. Porauksen jälkeen näyte irrotetaan lyömällä kiila porattuun ympyräuraan. Yksittäisen poranäytteen koko on noin 250 g. Näytteenottoreiät paikataan heti näytteenoton jälkeen, tarkoitukseen soveltuvalla tavalla. (VTT 2650 – 2001.).

Näytteenottokohdat merkitään muistiin ja niihin merkitään tunnistetiedot. Näytteet pakataan siten, ettei niiden kosteus muutu säilytyksen aikana.

Absoluuttisessa kosteuden mittauskokeessa käytettävät työkalut ovat seuraavat:

- Laboratoriovaaka, punnitustarkkuus 0,1 g
 - Lämpökaappi, varustettu ilmanvaihdolla, tarkkuus ± 2 °C,
 - Mahdollisesti raudoituksen ilmaisimella
 - Tehokas porakone, ilman vesikastelua
 - Näytteenottoporanterä, halkaisijaltaan noin 55 mm
 - Poratun näytteen irrotukseen sopivia kiiloja
 - Painava vasara
 - (Porauskaluston vaihtoehtona on piikkauskone varusteineen)
 - Näytepusseja ja pakkaustarvikkeita
 - Kuulosuojaimet
 - Suojalasit
 - Metrimitta (≥ 5 m)
 - Sähkövirtaa (verkkovirtaa tai aggregaatti)
 - Näytteenottoreikien pakkaustarvikkeet.
- (VTT 2650 – 2001.)

Poratut näytteet punnitaan. Mikäli näytteen sisällä on rautaa, se poistetaan rikkomalla näyte. Näytteet punnitaan ja laitetaan lämpökaappiin kuivumaan 105 °C:ssa (± 2 °C). Näytteet punnitaan kerran päivässä, kunnes niiden paino ei enää muutu. Vaakojen ja lämpökaappien tulee olla kalibroitu säännöllisesti. (VTT 2650 – 2001.).

Absoluuttinen kosteus lasketaan seuraavasta kaavasta:

$$\text{Kosteus (p - \%)} = \frac{m1 - m2}{m2} \times 100$$

m1= näytteen massa ennen kuivausta

m2= näytteen massa kuivauksen jälkeen.

(VTT 2650 – 2001.)

Tutkimuksista kirjoitetaan tutkimusselostus, josta ilmenevät seuraavat asiat:

- tien numero, työmaan nimi, sillan nimi, tiepiiri, kunta
- tilaaja, tilausnumero, tilauspäivämäärä
- näytteenottopäivä
- näytteenottokohdat (esim. etäisyys reunapalkista ja porareikämittausreiästä)
- näytteiden irrotustapa
- näytteiden koko (esim. näyttelieriöiden halkaisijat ja korkeudet tai piikkauskuoppien syvyys ja leveys)
- näytteenottoreikien paikkaustapa (paikkausmateriaali ja paikkauspäivä)
- koemenetelmä
- kuivatuslämpötila ja kuivatusaika (h)
- yksittäiset punnitustulokset (g), ilmoitetaan yhdellä desimaalin tarkkuudella
- näytteen absoluuttinen kosteus (p-%), ilmoitetaan yhden desimaalin tarkkuudella.

(VTT 2650 – 2001.)

4.4 Tiivistysepoksen vesitiiveyden mitta

Epoksikerroksen vesitiiviyys pystytään määrittämään sähkövastuksen avulla, jossa betoni alusta toimii pääjohteena. Mittauskohdat valitaan niin, että saadaan riittävä käsitys epoksitiivistyksen vesitiiveydestä. Mittauskohdat valitaan erityisesti niistä kohdista, joissa epoksi silmämääräisesti näyttää ohuemmalta. (Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, 2009, 18.)

4.4.1 Matalajännitemenetelmä

Matalajännitemenetelmä on mittausmenetelmä, jossa käytetään 500 V:n mittausjännitettä betonialustalle levitetyn, sähköä johtamattoman pinnoitteen vesitiiveyden mittauksessa. Epoksin läpi porataan halkaisijaltaan 8-10 mm:n reikä betoniin. 30 cm:n etäisyydelle reiästä asetetaan testinesteellä kasteltu suodatinkangas. Reiän ja suodatinkankaan väliä ei saa kastella. Märän huopapalan päälle asetetaan kuparilevy. Porattuun reikään tiputetaan vähän testinestettä. (VTT 2654–2001).

Piikkimäinen elektrodi kytketään reikään ja toinen elektrodi kuparilevyyn. Mittausjännitteeksi valitaan 500V. Sähkövastuksen mittauslaitteesta luetaan elektrodien välinen sähkövastus. Elektrodien metalliosiin ei saa koskettaa samanaikaisesti. Laitteen käyttäjän tulee olla perehtynyt laitteen käyttöohjeisiin ja hänellä tulee olla riittävät valmiudet mittauksen suorittamiseen. Mitattava epoksi ei saa olla sateen kastelemaa tai sen pinnassa ei saa olla kosteutta, mikä voisi johtaa sähköä. Testireiät paikataan samalla epoksi- ja kvartsihiekan seoksilla, kuin itse eristys. (VTT 2654–2001)

Vesitiiveyden mittausta varten tarvittavat työkalut ovat seuraavat:

- Sähkövastuksen mittauslaite, jonka mittausalueen tulee ulottua vähintään 2000 MΩ:iin ja jonka mittausjännite mittauksen aikana ei saa ylittää 500 V
- 2 piikkimäistä mittauselektrodia johtoineen. Toisen elektrodin on suositeltavaa olla varustettu virtakytkimellä
- Kuparinen levyelektrodi, joka muodostuu neliönmuotoisesta kuparilaatasta (laatan paksuus vähintään 10 mm, neliön sivut 100 mm).

- Imukykyisiä (kapillaarisia) suodatinkankaan palasia (mitat 100 mm x 100 mm)
(VTT 2654–2001)



Kuva 5. Tiivistysepoxsin vesitiiveyden mittaus matalajännitemenetelmällä. (Siltatekniikanpäivät 14, © Liikennevirasto 2013)

Tutkimusselostuksessa ilmoitettavat asiat:

- tien numero, työmaan nimi, sillan nimi, tiepiiri, kunta
- tilaaja, tilausnumero, tilauspäivämäärä
- koemenetelmä (viittaus tämän menetelmän numeroon)
- sähkövastusmittarin merkki ja malli
- porareikien halkaisija ja etäisyys kuparisen levyelektrodin lähimmästä reunasta
- mittauskohtien sijainti likimääräisesti (esim. etäisyys reunapalkista ja sillan päistä)
- mittauspäivä
- koetulokset (jokaisesta yksittäisestä tiiviysmittaustuloksesta) ja vesitiiviyyden arvostelu

- mahdolliset poikkeamat tämän menetelmäkuvauksen mukaisesta koemennettelystä
 - tutkimuksen vastuuhenkilö.
- (VTT 2654–2001)

4.4.2 Korkeajännitemenetelmä

Korkeajännitemenetelmä on mittausmenetelmä, jossa käytetään 1-20 kV mittausjännitettä betonialustalle levitetyn, sähköä johtamattoman pinnoitteen vesitiiviyyden mittauksessa. Mittauksessa käytettävää mittalaitetta kutsutaan ”kipinäharavaksi” (VTT-S-05050-09).

Kipinäharavalla pystytään paikallistamaan epoksitiivistyksen epäjatkuvuuskohtia ja ohuimpia kohtia, esimerkiksi neulamaisia reikiä, poikkeavan huokoisia kohtia, kuplia ja halkeamia. Nämä kohdat ilmenevät läpilyöntinä, jossa mittauslaitteen anturista kulkee sähkövirta epoksin läpi betoniin. Betonin ominaisuudet, raudoitus ja kosteus vaikuttavat mittaustuloksiin. (VTT-S-05050-09).

Pääjohteena mittauksessa toimii epoksin alla oleva sillan betonikansi. Mittauslaitteessa oleva maadoituskaapeli kytketään betonikanteen. (VTT-S-05050-09).



Kuva 6. Vesitiiveyden mittaus korkeajännitemenetelmällä. Valokuva: Markku Koskinen 2012

5 NOVOCOAT-ELASTOMEERI

5.1 Työmenetelmä

5.1.1 Alustavat työt

Ennen töiden aloitusta tulee selvittää ilmasto-olosuhteet, pinnoitettavan alustan lämpötila ja pinnoitettavan alustan kosteus. Hiekkapuhalluksessa tai sinkopuhalluksessa paljastuneet suuret huokokset on tasoitettava ennen työn aloitusta ja jatkamista polymeripitoisella pikatasoitteella. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

5.1.2 Eristettävän alueen pohjustaminen ja epoksisulku

Tartuntapohjustus levitetään puhdistetulle pinnalle. Tartuntapohjusteina käytetään 1- ja 2 komponenttisia pohjusteita, mitkä tunnetaan myös primereina. Näitä on esimerkiksi epoksiprimer 2-komponenttinen ja polyuretaaniprimer 1-komponenttinen. Primeri lisää Novocoat-elastomeerin kemiallista tarttuvuutta betoniin sekä sulkee pinnassa olevat huokokset ja sitoo pölyn. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

Betonisilla pinnoilla tulee pinnan olla kohdan 3.3 mukainen. Betonipinnan päälle levitetään 2-komponenttinen epoksiprimeri (0,2-0,5 kg/m²). Tämän primerin päälle sirotellaan kvartsihiekkä (0,1-0,6 mm), jonka peitto on noin 50 %. Kvartsihiekan tarkoituksena on lisätä mekaanista tartuntaa Novocoat-elastomeerille. Epoksiprimerin kuivumisaika on noin 10 tuntia. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

5.1.3 Eristettävän alueen Novocoat-elastomeeriruiskutus

Novocoat-elastomeeri ruiskutetaan tietokoneohjatulla matalapaineruiskulla primerin kuivuttua. Tietokone annostelee oikean sekoitussuhteen raaka-ainekomponenteille.

Ennen varsinaista ruiskutusta tarkistetaan aineen laatu astiaan ruiskuttamalla. Astiasta ruiskuttaja näkee onko aine oikeanlaista. Tämän jälkeen ruiskutetaan koepalat muoville ja ne otetaan talteen myöhempiä tutkimuksia varten. Kun tarkistukset ja koepalat on otettu, voidaan aloittaa ruiskutyöt.



Kuva 7. Elastomeerin ruiskutus. (© Lemminkäinen Infra Oy 2011)

Ruiskutöissä käytettävät suojavarusteet ovat kuulosuojaimet, pitkähihainen takki ja housut, hanskat sekä kypärä ja moottoroitu hengityksensuojain maskilla. Novocoat-elastomeerin vahvuus on normaalisti 1,5 - 4 mm rakenneratkaisusta riippuen. Jos ruiskutustyötä jatketaan seuraavana päivänä, on primeriä levitettävä noin 100 - 200 mm jo ruiskutetun Novocoatsauman päälle. Mahdollisten liikuntasauvojen kohdalle asennetaan irrotuskaista, esimerkiksi alumiiniteippi tai huopakaistale. Sillan reunoissa Novo

coat-elastomeeri ruiskutetaan reunapalkkia pitkin sahattuun tartunta saumaan, tai ratasilloissa kokonaan reunapalkkien yli. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

5.1.4 Suojaus

Novocoat-elastomeerin päälle levitettävä suojakerroksen on oltava tuotekohtaisesti hyväksytty. Siltakohteissa käytetään suojakerroksena kumibitumivaluasfalttia. Novocoat ja kumibitumivaluasfaltti muodostavat yhdessä SILKO-hyväksytyn vesieristeen (katso 5.3.5). (InfraRYL Osa3 2006, 209).

UV-säteilylle altistuvan Novocoat-elastomeerin maalaus on hyvä suorittaa niin pian kuin mahdollista, ei kuitenkaan välittömästi ruiskutuksen jälkeen, etteivät maalissa olevat liuotinaineet sekoitu Novocoat-elastomeeriin. Tehtäessä maalaukset myöhemmin on Novocoat-elastomeerin pinta puhdistettava huolellisesti (Lemminkäinen Infra Oy, 2013).

5.2 Ominaisuudet

5.2.1 Epoksiprimer

Epoksiprimer on 2-komponenttinen ja se kovettuu kemiallisesti. Se on liuotinvapaa ja sitä käytetään pääasiassa pohjustusmateriaalina betonipinnoille. Tiheys on noin 1,10 g/cm³ ja se on väritön. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

5.2.2 Polyuretaaniprimer

Polyuretaaniprimer on 1-komponenttinen polyisosyanaattiprepolymeeri. Se kovettuu ilmassa olevan kosteuden vaikutuksesta. Sitä käytetään pohjustus-, impregnointi- ja sulkumateriaalina muun muassa betonipinnoilla. Sen tiheys on 1,0 g/cm³ ja se on väritöntä. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

5.2.3 Novocoat-Elastomeeri

Novocoat-Elastomeeri on 2-komponenttinen polyuretaanivedeneristysmateriaali. Komponentteina siinä on A-komponentti polyoli sekä B-komponentti prepolymeroitu

polyisosyanaatti. Se kovettuu kemiallisesti. Työmenetelmänä käytetään tietokoneohjattua ruiskutusta. Novocoat-elastomeerin tiheys on $0,9-1,0 \text{ g/cm}^3$ ja väriltään se on harmaata. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

5.2.4 UV-Suojamaali Conipur

UV-Suojamaali Conipur on 2-komponenttinen elastinen polyuretaanimaali. Se suojaa Novocoat-elastomeeria auringon UV-säteilyltä. Sitä käytetään niillä paikoin, missä Novocoat-elastomeeri jää alttiiksi auringon UV-säteilylle. Värit Conipur suojamaalissa on RAL värikartan mukaisia. Tiheys sillä on noin $1,20 \text{ g/cm}^3$ ja se kovettuu kemiallisesti. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

5.3 Määräykset, ohjeistukset ja laadunvarmistuskokeet

5.3.1 Yleistä

Pääurakoitsija vastaa, että ennen vedeneristystöiden aloittamista eristyksen alusta täyttää sille asetetut vaatimukset. Novocoat-elastomeerin pohjustusaineena käytetään polyuretaani- ja epoksiprimereita. Niihin liittyvät määräykset ja ohjeistukset määrittelevät mihin ja milloin Novocoat-elastomeeriä voidaan asentaa. Esimerkiksi betonin kosteustarkasteluissa nämä pohjustusaineet määräävät suurimman sallitun betonin absoluuttisen kosteuden, jolle Novocoat-elastomeeri voidaan asentaa.

5.3.2 Eristysalustan tasaisuus

Eristysalustan betonipinnan karheuden ennen epoksikäsittelyä ja ruiskutusta tulee olla $0,3 \dots 1,2 \text{ mm}$. Jokaista alkavaa 500 m^2 kohden karheus varmistetaan kolmesta kohdasta siltakannta. Vaatimusrajaa $1,2 \text{ mm}$ karheampi pinta korjataan hyväksytyllä tasoitteella. Ennen eristystä tulee tasoitteen olla täysin kovettunut ja sen tulee täyttää ensimmäiskosteusvaatimukset. Jos pinta on alle $0,3 \text{ mm}$ karhea, se sinko- tai hiekkapuhalletaan karheaksi siten, että se täyttää $0,3 \dots 1,2 \text{ mm}$ vaatimukset. (InfraRYL Osa3 2006, 198-199)

5.3.3 Kosteusmittaukset

Liiallinen kosteus betonissa aiheuttaa yleensä eristeen kuplimisen ja mahdollisen irtaamisen. Betonipinnan kosteus määritellään Infra RYL osa 3:n mukaan absoluuttisella (VTT-2650) tai suhteellisella (VTT-2649) kosteusmenetelmällä. Novocoat-elastomeeriä käyttäessä tulee alustan kosteudet olla absoluuttisella kosteus kokeella 5,0 m-%. (InfraRYL Osa3 2006, 196-208). Suositeltavaa on kartoittaa kansi suhteellisella kosteuskokeella eli pintakosteusmittarilla, jonka jälkeen kosteus mitataan absoluuttisella kosteuskokeella 3...6 kohtaa siltaa. Absoluuttisen kosteuden mittauskohdat päätetään suhteellisen kosteuskokeen perusteella.

5.3.4 Alustavat mittaukset

Ennen töiden aloitusta tulee varmistaa seuraavat asiat:

- betonipinnan lämpötila yli 8 °C
- pinnan lämpötila yli 3 °C kastepisteen
- pinnoitettava betoni vähintään kaksi (2) viikkoa vanha
- 5 mm paksussa pintabetonikerroksessa huokosrakenteen suhteellinen kosteus enintään 93 % (kosteus mitattava, jos pinnoitettava betoni alle kolme (3) viikkoa vanha).

(Lemminkäinen Infra Oy, 2013).

Novocoat-elastomeeristä otetaan kolme 100x100 mm² suuruista palaa. Niistä tutkitaan paksuus ja tiheys. Tämän jälkeen koepalat upotetaan nesteeseen, jonka tiheys on 3 % alhaisempi kuin eristyksen optimitiheys, jolloin nähdään onko eriste toimiva. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013).

Eristystöistä täytetään olosuhdepöytäkirjaa. Olosuhdepöytäkirjaan dokumentoidaan päiväys, kellonaika, ilmanlämpötila, suhteellinen kosteus, kastepistelämpötila, ja eristysalustan pintalämpötila. Työn valmistuttua laadunvarmistusdokumentit luovutetaan tilaajalle. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013).

5.3.5 Suojakerrosvaatimukset

Suojakerroksen viettokaltevuuuden tulee olla vähintään 1 % vedenpoistolaitteiden suuntaan. Suojaustavoista voidaan poiketa vain tilaajan hyväksynnän perusteella. (Infra RYL Osa3 2006, 209)

Novocoat-elastomeerin päälle levitettävän suojakerroksen on oltava tuotekohtaisesti hyväksytty. Suosituksena pidetään kumibitumivaluasvalttia. Suojakerros hyväksytään InfraRYL osa 3:n mukaan seuraavasti:

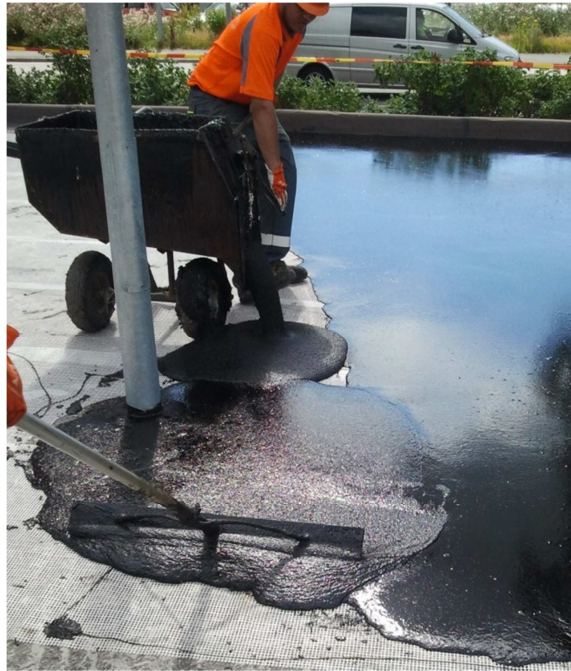
- kumibitumivaluasvaltti (KBVA). Sen lämpötila levityshetkellä on + 200–210°C.
- valuasvaltti (VA). Lämpötila levityshetkellä + 230–240°C.
- asfalttibetoni (AB). Pitää olla hyväksytty Siltojen vedeneristysten SILKO-hyväksyntätutkimusohjeen 7 mukaisessa leikkauslujuustestissä. Asfalttibetonia käytettäessä tulee Novocoatin päälle asentaa pohjuste, mikä parantaa asfalttibetonin tarttuvuutta Novocoattiin.

6 LEMMASTIX-ERISTEMASTIKSI

6.1 Työmenetelmä

6.1.1 Alustavat työt

Puhdistetulle kansilaatan pinnalle levitetään sillan pituussuuntaan Infra RYL 3 kohdan 42310.1.6 mukainen paineentasausverkko. Paineentasausverkon avulla mastiksieristeen alle syntyvät höyrynpaineet pääsevät tasaantumaan ja poistumaan irti olevia kohtia pitkin paineentasausputkiin. Verkko kiinnitetään kiinnitysbitumilla pisteliimaten niin tiheästi, ettei verkko pääse massan levitysvaiheessa poimuuntumaan. (Lemmin-käinen Infra Oy, 2013)



Kuva 8. Mastiksin levitys pisteliimatun paineentasausverkon päälle Valokuva: Juha Jääskeläinen 2012

Paineentasausputkien kohdalla ylimenevän verkon alle asennetaan 200 mm x 200 mm verkon palat 45 asteen vinouteen yläpuolisen verkon kudoksiin nähden.

Tippuputkien kohdalta leikataan pois 200 mm x 300 mm:n suuruiset palat. Tippuputket tulpataan umpeen eristystyön ajaksi. Reunapalkin ja liikuntasauman vierustat jätetään 200 mm:n leveydeltä ilman verkkoa. Saumat tehdään 50 mm:n limityksin. Kaikki ne eristettävät kannen alueet, joissa ei ole verkkoa, sivellään kumibitumiliuoksella noin 0,3 kg/m², eristysmastiksin tarttuvuuden varmistamiseksi. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

6.1.2 Kuljetus, sekoitus ja olosuhteet

Mastiksi kuljetetaan työmaalle käyttämällä Benninghofen tai Faehndrich jatkuvasekoitteisia kuljetuskeittimiä, joissa on termostaateilla varustettu nestekaasulämmitys. Nestekaasulämmitys pitää massan oikean lämpöisenä. Mastiksin levitys tulee tehdä 32 tunnin sisällä siitä kun kumibitumi on lisätty keittimeen. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

Lemmastix-eristemastiksi töitä ei saa tehdä sateella ilman sääsuojaa. Mastiksin levityslämpötila on 180 - 210 °C. Eristystyön olosuhteita, ilman ja eristysalustan kosteutta ja lämpötilaa sekä mastiksimassan lämpötilaa tarkkaillaan ja mitataan työn aikana sekä ennen töiden aloitusta. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013)

Kiinnitysbitumina käytetään kumibitumia KB 100 ja se sulatetaan työmaalla käyttäen Liikenneviraston hyväksymää sulatuspataa. Sulatuspata tulee olla varustettuna säädettävällä ja toimivalla termostaatilla, lämpömittarilla, sekä sekoittajalla. (InfraRYL Osa3 2006, 197.)

6.1.3 Työsaumat ja työn vaiheistus

Mastiksi levitetään kolalla vähintään kahtena kerroksena. Eristystyö pyritään tekemään mahdollisimman vähillä työsaumoilla. Mastiksia levitetään aina vähintään yksi kuljetuskein kerrallaan ja koko kannen leveydeltä aina kun se on mahdollista.

Eristystyö tehdään kahdessa kerroksessa niin, että pohjakerrosta levitetään pidemmälle kuin päälliskerrosta, jolloin päälliskerros tulee aina hieman jäljessä. Tällä menetelmällä varmistetaan eristeen vedenpitävyys, koska silloin tulee vähiten kylmiä saumoja ja saumoilla säilyy limitys.

Mastiksieristuksen työsaumat lämmitetään ja tiivistetään bitumilla. Pohjakerroksen työsauma juotetaan umpeen kumibitumilla taukojen ajaksi, jos on sateen uhka.

Mastiksin päällä ajamista tulee välttää. Eristystyön yhteydessä massa-auto peruuttaa työkohteelle siten, ettei se aja valmiin eristeen yli, mikäli se on mahdollista. Jos levitetyn mastiksin päällä joudutaan ajamaan, on varmistuttava siitä, että mastiksi on kovettunut, niin ettei siihen jää painumia. Tarvittaessa pinta on suojattava esimerkiksi vanerilla.

Mastiksin levittämisen jälkeen reunapalkin sisäpinta ja 250 mm leveä alue sivellään kumibitumilla KB 100/50. Sively tehdään kahteen kertaan 2x1,5kg/m². (Lemminkäinen Infra Oy 2013.)

6.2 Ominaisuudet

6.2.1 Lemmastix-eristemastiksi

Lemmastix-eristemastiksi sisältää kumibitumia, kalkkifilleriä ja hiekan seosta. Tämän valmistus tapahtuu asfalttiasemalla. Seossuhteet eristemastiksissa ovat seuraavat:

- Sideaine 15...22 %
- Kalkkifilleri 25...60 %
- Loput hiekkaa (maksimiraekoko 2 mm)

Massa keitetään ”kypsäksi” keskuskeittimessä vähintään 6 h. Käytännössä keittäminen tapahtuu yön yli. (Lemminkäinen Infra Oy 2013.)

6.2.2 Paineentasausverkko

Paineentasausverkkona käytetään lasikangasverkkoa, jonka silmäkoko on 4...8 mm ja paksuus vähintään 0,7 mm. (InfraRYL Osa3 2006, 197)

6.2.3 Kumibitumiliuos

Kumibitumin ja liuottimen muodostama liuos (KBL 20/100), mikä varmistaa eristemastiksin tarttuvuuden. Kumibitumin tulee täyttää taulukon 2, KB 100 Kumibitumimastiksin SILKO-hyväksyntävaatimukset. (InfraRYL Osa3 2006, 197.)

6.2.4 Kiinnitysbitumi

Kiinnitysbitumina käytetään kumibitumia tai muuta Liikenneviraston hyväksymää bitumia. Kumibitumin tulee täyttää taulukon 2 KB 100 Kumibitumimastiksin SILKO-hyväksyntävaatimukset.

6.3 Määräykset, ohjeistukset ja laadunvarmistuskokeet

6.3.1 Yleistä

Kumibitumimastiksissa käytettävän sideaineen KB 85 tulee täyttää Siltojen vedeneristysten SILKO-hyväksyntätutkimusohjeen vaatimukset (InfraRYL Osa3 2006, 197). Nämä vaatimukset on osoitettu taulukossa 2.

Taulukko 2. Kumibitumimastiksin SILKO-hyväksyntävaatimukset (Siltojen vedeneristysten SILKO-hyväksyntätutkimusohje, Liite 2, 2007, © Tiehallinto)

Kumibitumi	Yksikkö	Vaatus		Menetelmä
		KB85	KB100	
Pehmenemispiste	°C	≥ 75,0	95,0-120,0	SFS-EN 1427
Tunkeuma, 25 °C	1/10 mm	50-100	20-70	SFS-EN 1426
Viskositeetti 180 °C	mm ² /s	≤ 1500	≤ 10 000	SFS-EN 12595
Leimahduspiste	°C	≥ 220	≥ 210	SFS-EN 22592
Palautuma, 10 °C	%	≥ 75	≥ 75	SFS-EN 13398
Kylmätaivutettavuus Ø 30 mm, paksuus 3 mm	°C	≤ -15	≤ -15	SFS-EN 1109

6.3.2 Kosteusmittaukset

Mastiksin eristysalustan absoluuttinen kosteus saa olla korkeintaan 6 paino- % (VTT-2650) absoluuttisella kosteuskokeella mitattuna. Tiivistysepoksia käytettäessä vastaava arvo on 5 %, ellei Liikennevirasto ole erikseen hyväksynyt korkeampaa kosteuspitoisuutta. (SILKO 2.812, 2009, 3.)

6.3.3 Alustavat mittaukset

Ilman suhteellinen kosteus saa olla enintään 85 % ja kannen pinnan lämpötilan tulee olla yli 3 °C ilman kastepisteen lämpötilan yläpuolella. Rakenteen lämpötila pitää olla vähintään +2 °C.

6.3.4 Työmaalla toteutettavat laadunvarmistusmittaukset

Koko kannella levitetyn mastiksin määrä on oltava vähintään 55 kg/m². Eristyksen paksuuden tulee olla keskimäärin 20 mm ja joka kohdassa vähintään 15 mm. Kerrospaksuusmittauksia tehdään vähintään 10 kpl/silta. Kerrospaksuus mittaukset suoritetaan mittatikulla ja massamenekin seurannalla. (InfraRYL Osa3 2006, 208.)

Vedenpitävyys varmistetaan vesipatsaskokeella, kun vedeneristys on valmis. Vesipatsaskokeessa mastiksen päälle liimataan kumibitumiliuoksella halkaisijaltaan 200 mm:n putki. Liimauksen tulee olla vesitiivis ennen koetta. Liimattuun putkeen kaadetaan 300 mm:n korkeudelle vettä (vesipatsaan staattinen paine 3 kPa). Koe suoritetaan paineentasausputken kohdalta, jolloin mahdollinen vuoto havaitaan nopeammin. Vesipatsaskokeita suoritetaan vähintään 1 kpl/silta. (InfraRYL Osa3 2006, 208.)

Valmiin mastiksieristeen kelpoisuus todetaan silmämääräisesti. Eristeen pinnan tulee olla kiiltävä eikä pinnassa saa olla huokosia tai halkeamia. Eristystyön aikana otetaan sekoitetusta mastiksista näytekappaleita tulevia sideaine- ja massanäytetutkimuksia varten.

6.3.5 Laboratoriossa toteutettavat laadunvarmistusmittaukset

Infra RYL osa 3 kohdassa 42310.5.3 määritellään mastiksieristeestä otettavan 5 kg näytettä, kutakin alkavaa 1500 m²:n pinta-alaa kohden. Käytännössä massanäytteet otetaan suoraan padasta 100 mm halkaisijoiltaan oleviin näytekiekkoihin. Näytekiekkoja yhdessä sarjassa on 3 kappaletta. Sarjoja otetaan vähintään 2 kpl/silta. Näytteistä tutkitaan rakeisuus (SFS-EN 12697-2 menetelmällä), sideainepitoisuus (SFS-EN 12697-1 ja -39 menetelmällä) ja panuma (EN 12697-21 A menetelmällä). Tutkittujen näytteiden tulee täyttää taulukon 3 vaatimat vaatimusarvot.



Kuva 9. Eristemastiksinäyte. Valokuva: Timo Nevalainen 2013

Ennen työkauden alkua otetaan mastiksissa käytettävistä sideainesta sideainenäytteet, jotka toimivat ennakkokokeina tulevalle kaudelle. Ennakkokokeet saavat olla enintään 6 kk vanhoja. Näytteistä tutkitaan Infra RYL osa 3:n mukaiset laatuvaatimukset. Sideainekokeet joudutaan ottamaan ennen eristystöitä, mikäli käytettävä mastiksi ei ole sideaineiltaan samaa kuin ennakkokokeissa käytetty mastiksi. Ennakkokokeissa tutkitaan sideaineen pehmenemispiste, tunkeutuma ja palautuma.

Kaikista eristystyössä käytetyistä materiaaleista kerätään materiaalitodistukset ja liitetään laaturaporttiin. (Lemminkäinen Infra Oy, 2013).

Taulukko 3. Kumibitumimastiksin SILKO-hyväksyntävaatimukset (Siltojen vedeneristysten SILKO-hyväksyntätutkimusohje, Liite 3, 2007, © Tiehallinto)

Ominaisuus	Yks	Vaatus	Olosuhde	Menetelmä
Sideainepitoisuus	m-%	15 - 22		SFS-EN 12697-1 ja -39
Rakeisuus				
< 0,063 mm	m-%	25...60		SFS-EN 12697-2
0,063...2 mm	m-%	40...75		
> 2 mm	m-%	0		
Painuma	mm	3...10	+20 °C	EN 12697-21 A
Palautuma eristetystä sideaineesta	%	≥ 75	+10 °C	SFS-EN 13398
Muodon pysyvyys	mm	< 10	24 h/ +55 °C	SFS-EN 12970, Annex B
Tartunta betoniin	N/mm ²	≥ 0,45	+21 °C	SFS-EN 13596
		≥ 0,85	+9 °C	
Leikkauslujuus	N/mm ²	≥ 0,15		SFS-EN 13653
Halkeamankestävyys		a) ei vaurioita	– 10 °C	VTT-2645 mod.
		b) ei läpimeneviä halkeamia	– 20 °C	

7 YHTEENVETO

Siltojen vedeneristys on siltojen rakentamisessa ja korjauksessa yksi haasteellisimmista työvaiheista toteuttaa. Tarkat laatuvaatimukset ja Suomen olosuhteet tuovat useita haasteita vedeneristysten toteuttamiseen. Tämä korostuu erityisesti korjausrakentamisessa.

Siltojen vedeneristystyöt ovat olleet suurennuslasin alla viime aikoina, koska niissä on esiintynyt jonkin verran eristykseen liittyviä kuplimisongelmia. Kuplimisen syitä voi olla monia. Lemminkäisen Infra Oy:n tutkimusjohtaja Lars Forsténin mukaan suurin kuplimiseen liittyvä ongelma on ollut liian aikainen vedeneristeen levitys. Sillan betonikansi on ollut vielä liian kostea, kun kannen eristystyöt on aloitettu. Tämä korostuu etenkin rakenteellisesti paksuissa silloissa, sillä absoluuttinen kosteus mitataan vain 50 mm:n syvyydestä.

Parannettavaa on materiaaleissa, työmenetelmissä, suojauksissa, urakoinnissa, rakentamisessa ja valvonnassa. Sillan eristyksissä on parannettavaa vielä kaikilla aloilla. Laadusta tinkimättä on pystyttävä suorittamaan urakat ja varsinkin vedeneristystyöt hyvin. On tärkeätä, että vedeneristystöissä kaikki osapuolet olisivat aktiivisesti mukana. Urakoitsijan tulee varmistaa, että tilaaja on varmasti ymmärtänyt, millaiset olosuhteet sillan kannella tulisi olla, ennen kuin ruvetaan kantta eristämään. Myös tilaajan tulee ottaa aktiivisesti selvää, mitä mittauksia ja kokeita tulee olla tehtynä, ennen kuin työt voidaan aloittaa. Siltatyömaille eristysalustan vastaanottotarkastuksen merkitys on suuri. Töihin osallistuu useita urakoitsijoita, jotka tekevät eri työvaiheita ja laadun tulee säilyä läpi urakkarajojen.

Vedeneristystyöt voivat pahimmillaan viivyttää urakan valmistumista jopa kuukausilla. Siksi urakka-aikataulutuksessa tulee huomioida betonin tarvittava kuivumisaika ja tehdä se sekä itselle, että tilaajallekin selväksi. Hyvissä olosuhteissa ja oikein tehtynä Lemminkäisen käyttämät sillan vedeneristysmenetelmät ovat toimivia, laadukkaita ja aikataulullisesti nopeita toteuttaa.

LÄHTEET

InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3: Sillat ja rakennus-
tekniset osat. 2008. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Lavenko, D. 2010. Suomen sillat uskottua paremmissa kantimissa. Rakennustaito
[verkkolehti] 2010 nro 5. Saatavissa:
<http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/5qIlly4oP.html> [viitattu
19.1.2013]

Lemminkäinen Infra Oy. Novocoat työtapaselostus. Saatavissa:
<http://www.lemminkainenomni.fi/WebRoot/10008749/Page.aspx?id=10012694> [Viitattu
14.1.2013]

Lemminkäinen Infra Oy. Valuasfalttitöiden suorittaminen. Sisäinen verkkojulkaisu. [Viitattu
28.1.2013]

PANK 5103. Päällysteen pintaominaisuudet. Makrokarkeus, lasihelmimenetelmä.
Päällystealan neuvottelukunta, teoksessa Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus,
liite 1.

Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 2011. Helsinki: Liikennevirasto

Sto Finexter Oy. Siltakansien epoksitiivistys. [Viitattu 30.1.2013] Saatavissa:
http://www.stofi.fi/89390_FI-Siltakansi-Siltakansien_epoksitiivistys.htm

Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus 2009. Helsinki: Tiehallinto

SILKO, Siltojen korjausohjeet 2010 [verkkojulkaisu]. Tiehallinto. Saatavissa:
<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/silko1.htm> [viitattu 09.1.2013]

Siltojen korjaus SILKO. Kannen pintarakenteet, Vedeneristysten uusiminen mastiksi
eristysnä. 2009

Siltojen ylläpito, Toimintalinjat 2009 [verkkajulkaisu]. Tiehallinto [viitattu 18.1.2012].

Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/siltojenyllapito2009.pdf>

Forstén, Lars. Haastattelu 23.2.2013. Tuusula: Lemminkäinen Oyj 2013. Lemminkäinen Oyj

VTT 2650 – 2001. Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaust. Kuivatuspunnitusmenetelmä, teoksessa Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, liite 3.

VTT 2651 – 2001. Vedeneristysten ja eristysalustan välisen tartuntalujuuden mittauks-työmaalla. Tartuntavetokoe, teoksessa Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, liite 4.

VTT 2654 – 2001. Betonisen siltakannen tiivistysepöksiin vesitiiveyden mittaus. Matalajännitemenetelmä, teoksessa Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, liite 5.

Liite 1. Infra RYL Osa3 2006,277. Betonikantisen sillan eristysalustan tasaisuuden ohjearvoja ja korjausmenetelmiä.

42300: Liite 1 Betonikantisen sillan eristysalustan tasaisuuden ohjearvoja ja korjausmenetelmiä

Vaatimukset

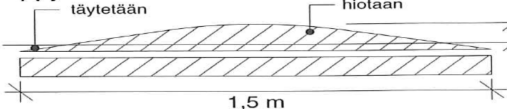
Pinnan tasaisuus mitataan oikolaudalla (menetelmä SFS-EN 13036-7)

Viitteet

- SFS-EN 13036-7 Teiden ja lentokenttien päällysteiden pintaominaisuudet. Testimenetelmät. Osa 7: Päällysteen pintakerrosten yksittäisen tasaisuuden mittaus. Oikolautamenetelmä.

Mastiksieristys

1) pyörävä kohouma



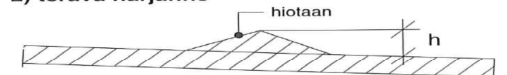
Vaatus

$1h \leq 4 \text{ mm}/1,5 \text{ m}$

Huom.

mastiksikerros voi jäädä liian ohueksi, kun eristykseen pinta kolataan suoraksi

2) terävä harjanne



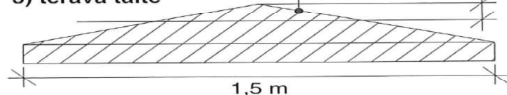
Vaatus

$h < 3 \text{ mm}$

Huom.

mastiksikerros voi murtua terävän harjanteen kohdilta (lovivaikutus)

3) terävä taite



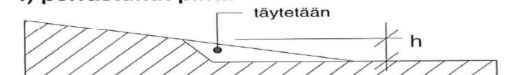
Vaatus

$h < 4 \text{ mm}/1,5 \text{ m}$

Huom.

mastiksikerros voi jäädä liian ohueksi, kun eristykseen pinta kolataan suoraksi

4) porrastunut pinta



Vaatus

$h \leq 4 \text{ mm}$

Huom.

mastiksikerros voi jäädä liian ohueksi taio murtua harjanteen kohdalta

5) betoniroskeet, kivet yms.

Vaatus

poistetaan

6) kolot

- kolot paikataan

Vaatus

vesi ei lammikoidu

Kermieristys

1) terävä harjanne tai taite



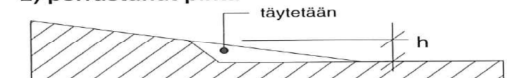
Vaatus

harjanteen korkeus ei ole rajoitettu

Huom.

terävä harjanne voi rikkoa kermin

2) porrastunut pinta



Vaatus

$h \leq 4 \text{ mm}$

Huom.

kermi voi jäädä irti alustasta pykälän vierestä, korkea pykälä voi rikkoa kermin

3) betoniroskeet, kivet yms.

Vaatus

poistetaan

Huom.

voivat rikkoa kermin

4) kolot

- kolot paikataan

Vaatus

vesi ei lammikoidu

Polyuretaani eristys

Kuten mastiksieristyskohdat 2, 3, 5, ja 6

Vaatus

kuten mastiksieristyskohdissa